

# 苏丹共和国 TUTI悬索桥猫道施工工艺

甘 科 姚新奇 张枫林 李晓磊

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

摘 要: 本文介绍了苏丹TUTI悬索桥猫道的构造、施工工艺等内容。

关键词: 猫道 构造 架设

## 1 工程概况

TUTI桥位于苏丹共和国首都Khartoum市区内, 跨越青尼罗河, 主桥为悬索桥, 跨径布置为56.809m + 211.335m + 56.809m = 324.953m。

本桥猫道采用分离式形式, 分三段布置: 即北锚~北塔、北塔~南塔、南塔~南锚。猫道主要由承重索、锚固调节装置、面层、侧面防护、滚筒和抗风缆等组成。猫道面低于主缆中心1.5米, 面宽2.9米(见图1)。

## 2 猫道的主要组成

### 2.1 承重索

每幅猫道选用4根 $\phi 28\text{mm}$ 的纤维芯钢丝绳作承重索, 承重索分三跨独立布置(边跨+中跨+边跨), 通过锚固调节装置分别和塔顶或锚碇连接。因钢丝绳受荷载作用后会产生较大的变形, 在其出厂前进行预拉处理。

### 2.2 锚固调节装置

在猫道安装和使用过程中, 须多次对其进行线型调整, 为方便施工, 本工程的调节装置被设计成为可根据需要对四根承重索进行单独或同时调整, 调节拉杆采用 $\phi 28\text{mm}$ 精轧螺纹钢, 每幅猫道的有效可调节长度达4米(见图2)。



图1 TUTI桥猫道立面图

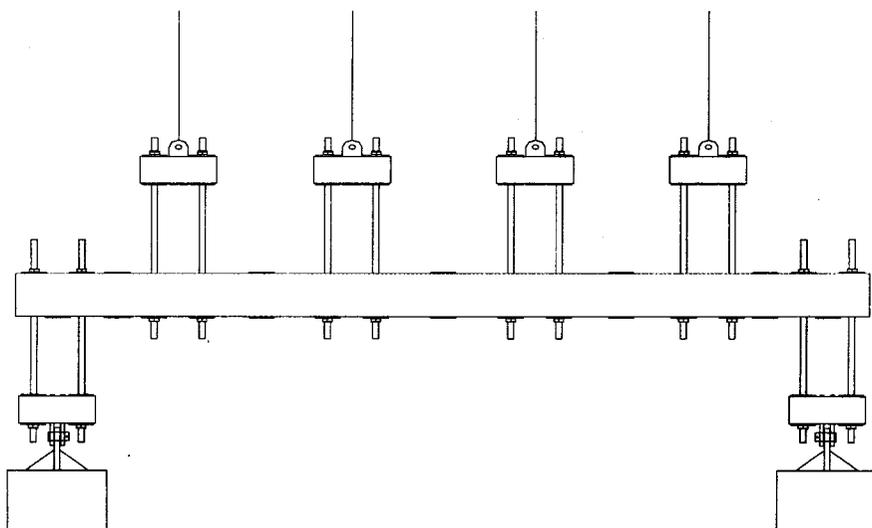


图2 猫道锚固调节装置图

### 3.3 面层

猫道面层采用 $5\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 钢丝网，顺桥向每隔0.5米设一根规格为 $70\text{mm} \times 350\text{mm}$ 的方木踏步，每隔6米设一道8#槽钢横梁，用U形螺栓固定在承重钢丝绳上。

### 3.4 侧边防护

两侧边分别采用 $5 \times 50 \times 50$ 钢丝网作为临边防护，侧网和底网的交接处用细铁丝绑紧；沿全长方向设两根 $\phi 20\text{mm}$ 钢丝绳作为扶手绳，每隔6米设一根6#角钢立柱。

### 3.5 滚轮

在猫道上每隔6米设一个猫道滚轮，用U形螺栓固定在承重钢丝绳上；靠近塔顶处的两个滚轮高度适当加高，避免主缆铜线过塔顶时受力过大而散丝。滚轮采用尼龙制作，以减小放索时的摩擦力。

### 3.6 抗风缆

用 $\phi 13$ 的钢丝绳作为斜拉抗风缆，上端固定于猫道中跨1/4点的槽钢横梁上，下端固定在塔底预埋件上，利用一个3T手拉葫芦调节抗风缆张力，保持猫道的整体平衡。

猫道构造见图3。

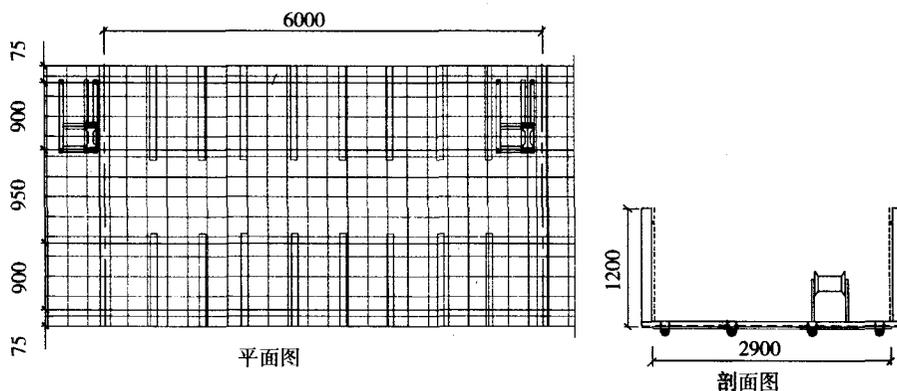


图3 猫道构造图

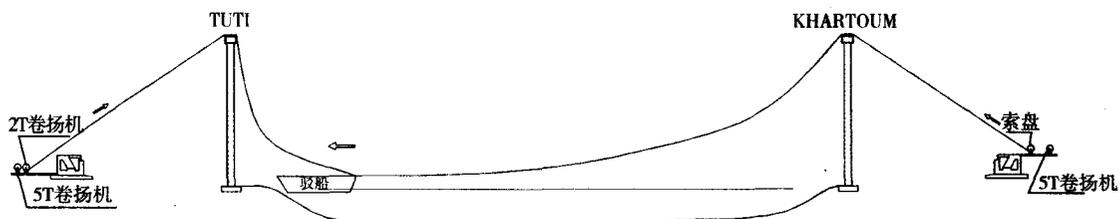


图4 架设牵引索示意图

## 3 猫道的安装

### 3.1 布置牵引系统

采用往复式牵引系统来牵引猫道承重索和猫道面层。它由主、副牵引卷扬机构成，分别固定于两岸的锚碇处，两个卷扬机的钢丝绳连成一根，主、副卷扬机采用5t快速大容量卷扬机，主卷扬机（TUTI岸侧）担负牵引工作，副卷扬机（KHARTOUM岸侧）担负牵引绳拉回的工作，牵引绳选用 $\phi 20\text{mm}$ 钢丝绳。

### 3.2 架设牵引索

用驳船牵引过江法架设。具体为：用长约200m的 $\phi 12\text{mm}$ 辅助牵引钢丝绳绕在TUTI侧锚碇上的2t卷扬机上，绳头引过TUTI塔顶通过滑轮下放至岸边；用长约850m的 $\phi 20$ 主牵引钢丝绳绕在KHARTOUM岸侧5t牵引卷扬机的卷筒上，绳头通过KHARTOUM塔顶滑轮向下引至KHARTOUM岸侧的驳船上；由驳船牵引该钢丝绳过江直至TUTI岸侧与 $\phi 12\text{mm}$ 辅助牵引钢丝绳相连；2t卷扬机收绳，同时5t卷扬机放绳，但需保持一定反张力，保证钢丝绳始终高于水面；当 $\phi 20\text{mm}$ 钢丝绳一直被牵引至设在对岸的5t主牵引卷扬机处后，与主牵引卷扬机相连，构成一套完整的牵引系统（见图4）。

### 3.3 架设钢丝绳

#### 3.3.1 中跨承重绳

承重绳在工厂精确下料、预拉、卷盘后，将索盘运至KHARTOUM侧塔底，利用2t卷扬机将前端提至塔顶与 $\phi 20$ 主牵引索联结，开动5t卷扬机牵引系统，使猫道承重索向TUTI侧塔顶前进，同

时利用索盘刹车装置提供一定的反拉力，保持钢丝绳不落入水中；等承重绳后端头完全脱离索盘后，用2t卷扬机提供反拉力使其缓慢上升至KHARTOUM塔顶；当承重绳前端头到达TUTI塔顶后，用手拉葫芦配合与TUTI塔锚固调节装置连接固定，再将后端与KHARTOUM塔锚固调节装置固定（见图5）。

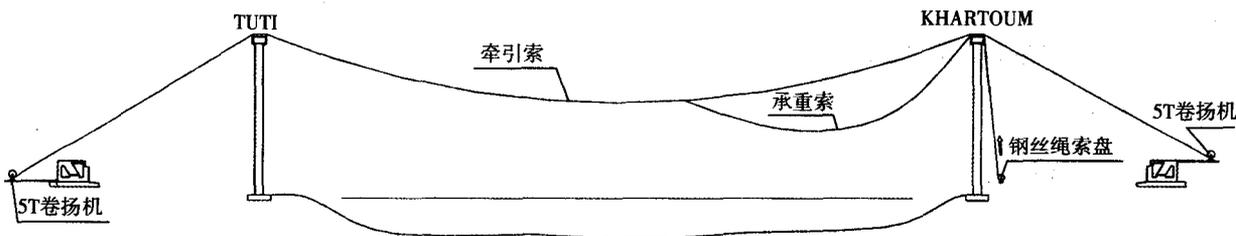


图5 架设承重索示意图

#### 3.3.2 边跨承重绳

将承重绳索盘运至塔底位置附近，利用2t卷扬机将前端头提至塔顶与锚梁联结；等承重绳后端头完全脱离索盘后，用2t卷扬机将后端头往锚碇牵引，与锚碇处锚固调节装置连接。

#### 3.3.3 扶手绳

用相同方法架设。

3.3.4 待全部猫道承重索架设完后，测量各索中点标高，利用调节装置逐根调整其标高，要求同一幅猫道各承重索之间的跨中标高偏差不大于30mm。

#### 3.4 安装底层钢丝网

对于中跨：将猫道钢丝网分成每2米为一段分别铺设。将钢丝网制作成长2米、宽2.9米的形状，用细铁丝把方木踏步绑在钢丝网上，每根方木踏步间距0.5米。将做好的各片面层整齐堆放于塔底，用卷扬机和拔杆配合将第一片起吊至塔顶并放在猫道承重绳上，用U型螺栓与承重钢丝绳相连，不拧紧螺帽，以便于往前拽拉。开动牵引卷扬机，将面层往对岸方向拖动2米后停止；用相同方法将第二片猫道面层铺于承重钢丝绳上，用绳夹与第一片面层连接，用U型螺栓与承重

索相连，不拧紧螺帽；再次开动卷扬机，将面层再往对岸方向拖动2米后停止；按此方法将全桥猫道面层对称安装完，每3片钢丝网设一道槽钢横梁。全部钢丝网铺完后，从塔顶开始往两边扭紧U形螺栓，把钢丝网和各钢丝绳连接牢固。

对于边跨，改为从锚碇往塔顶方向拽拉铺设猫道面层及扭紧U形螺栓。

#### 3.5 安装侧面防护

用螺栓将角钢立柱与槽钢横梁连接；用U形螺栓将扶手绳固定在立柱上；用卷扬机将侧面钢丝网逐片吊上猫道，人工搬至相应位置，用细铁丝分别与扶手绳和底层钢丝网绑扎牢固；用U形螺栓将猫道滚轮固定在承重钢丝绳上，滚轮间距6米。

#### 3.6 调整猫道线型

按以上方法架设好猫道后，其中点处标高一般会有约20cm~50cm的偏差，必须对其进行调整。在夜间用全站仪测量猫道中点标高，利用调节装置反复调整猫道线形，直到符合设计要求。

#### 3.7 安装抗风缆

用卷扬机将抗风缆一端牵引上猫道,在设计位置与猫道相连好,再将另一端牵引至索底连接处,与预埋件连接,按设计拉力300Kg将其张紧。

完成后的猫道见图6、图7。

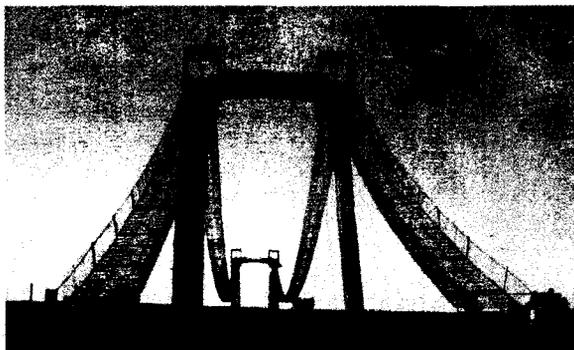


图6 完成后的猫道图(1)

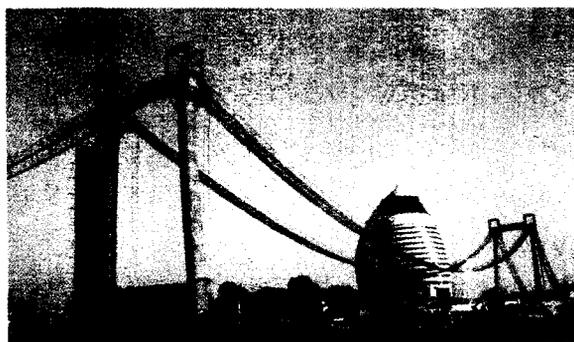


图7 完成后的猫道图(2)

#### 4 施工总结

(1) 一般情况下,在工地现场下料钢丝绳,较难保证其精度,导致增加调节线型的工作量和难度。本工程的全部钢丝绳均在工厂按设计长度精确下料并预拉处理,大为减少了在架设猫道和架设主缆的施工过程中调整猫道线型的工作量。

(2) 因钢丝绳直径较大,在架设钢丝绳时,全部钢丝绳的两端尽量在地面上好绳夹,避免在高空处上绳夹,以减少施工难度和工作量。

(3) 本工程利用手拉葫芦配合来调节猫道线型,操作困难较大,每调节一次约用一天时

间;如改为利用2台便携穿心式千斤顶来调节,应在半天内完成调节工作。

(4) 在原设计图纸中,猫道与塔顶的连接部份明显过于薄弱,如连接销子仅为 $\phi 30\text{mm}$ 、调节拉杆仅为 $\phi 19\text{mm}$ 、部份连接钢板强度不够等。如果猫道只是受到静载和轴向力作用可能没问题,但实际上猫道在使用过程中,经常会受到动载及风载作用,并产生不同程度的上下或左右摇晃,如果连接部位强度不足,会存在极大的安全隐患。因此,在实际安装猫道过程中,对以上部份做了相应的修改。

(5) 大部份悬索桥在牵引主缆过程中,主缆索股不会恰好压在猫道中心线上,一般会偏移一定距离,猫道的几根承重钢丝绳受力不同,会产生不同程度的弹性和非弹性变形,造成猫道朝一个方向倾斜,必须多次进行调整。本工程的调节装置被设计成为可对每根承重索进行单独或同时调整,且每幅猫道的有效可调节长度达4米,在施工中发挥了很大作用。

#### 5 结束语

本桥猫道施工历时约一个月,在中国和苏丹两个不同国家施工人员努力工作和配合下顺利完成。作为苏丹国内的第一座悬索桥,在施工过程中,也受到了当地居民和政府部门的密切关注,对宣传和加强中国和苏丹两国的友谊起了促进作用。

#### 参考文献

- [1] 严国敏编.\* 现代悬索桥.\* 北京:人民交通出版社.\* 2002.\* \*
- [2] 雷俊卿,郑明珠,徐恭义编.\* 悬索桥设计.\* 人民交通出版社.\* 2002.